

除湿により収縮した ASR 劣化コンクリートの圧縮破壊特性に関する実験的検討

富山県立大学大学院（現 株式会社太平洋コンサルタント）
富山県立大学
富山県立大学大学院

正会員
正会員
学生会員

○松井 淳史
伊藤 始
塚西 弘輝

1. はじめに

我が国においてコンクリート構造物のアルカリシリカ反応（以下、ASR と示す）による劣化事例は、1986 年に抑制対策が講じられて以降に、新設構造物で減少傾向となった。しかし、それ以前に建設された構造物において ASR 劣化が散見され、ASR 劣化を対象とした補修・補強が必要になる事例が多い。このような ASR により劣化したコンクリート（以下、ASR コンクリートと示す）は、力学的挙動について未解明な部分が多く研究の余地を残している。

乾湿繰返しのある実構造物の供用環境を想定し、相対湿度やそれに伴う含水量の違いが ASR コンクリートの圧縮破壊特性に与える影響を把握することは、非線形構造解析を利用した ASR コンクリートの高度な性能評価や効率的な維持管理において重要である。

本研究では、目標とする ASR 膨張ひずみに達した後、湿度を低減させた環境下に静置した ASR コンクリート供試体を用いて圧縮破壊試験を実施し、除湿による収縮が圧縮破壊特性に与える影響を検討した。

2. 実験方法

表-1 に試験ケースを示す。環境条件をパラメータとし、目標とする膨張ひずみを 2000×10^{-6} として促進養生を行った 3 ケース（E ケース）、目標ひずみに到達後に湿度低減した 3 ケース（D ケース）の全 6 ケースとした。供試体は、内部に切欠きを有するアクリルバーにひずみゲージを等間隔で貼り付けた内部ひずみ計を設置した $\phi 100$ mm、高さ 400 mm の円柱供試体である。表-2 に配合表を示す。普通ポルトランドセメントを用い、呼び強度 24 ($W/C = 55\%$) とした。使用した骨材は、ASR 反応性を有する常願寺川水系産である。促進養生は、温度 40℃の恒温室内で、1 体ごとにビニール袋を用いて封かんし、湿らせたタオルを同封して行った。促進養生の期間では定

期的に水分をタオルに供給し、湿度低減（除湿）の期間では供給しなかった。圧縮破壊試験は、漸増変位繰返し圧縮载荷とし、E ケースで材齢 330 日、D ケースで材齢 622 日に実施した。図-1 に、膨張・収縮履歴を示す。膨張ひずみは、内部ひずみ計において端部の測点と欠測点を除いた平均値である。

3. 試験結果

(1) 応力ーひずみ関係

図-2 に応力ー平均ひずみ関係を示す。平均ひずみは、圧縮破壊試験時に供試体周囲 4 か所に設置した変位計の平均値である。D-1 は、欠測があったため除外した。D ケースの最大応力は、E ケースの値と比較し約 1.4 倍となり、除湿によって回復した。これ

表-1 試験ケース

ケース	目標とする膨張量	環境条件	材齢 (日)	膨張ひずみ ($\times 10^{-6}$)	最大応力 σ_{max} (N/mm^2)
E-1	2000×10^{-6}	促進養生	330	2776	12.4
E-2				2549	12.9
E-3				1479	13.0
D-1	収縮時 1000×10^{-6}	促進養生後に湿度低減	622	596	19.3
D-2				1093	17.5
D-3				649	17.4

表-2 配合表

G_{max} (mm)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
		W	C	S	G	AE 減水剤	NaCl
25	46.7	156	284	867	1002	2.84	15.1

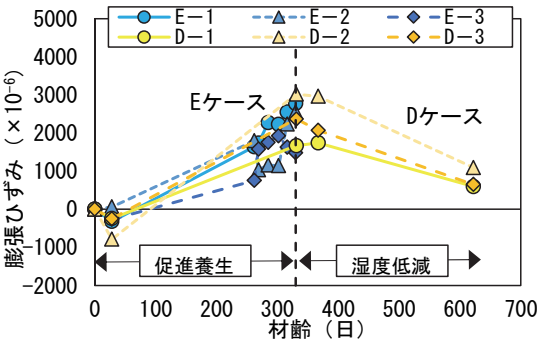


図-1 膨張・膨張履歴

キーワード アルカリシリカ反応，圧縮破壊特性，応力ーひずみ関係，除湿低減

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学大学院 環境・社会基盤工学専攻 TEL 0766-56-7500

は、湿度低減の期間を考慮すると遠藤らと同様の傾向であった¹⁾。一方、最大応力時のひずみに大きな変化はなかった。D ケースの軟化曲線は、最大応力直後に軟化勾配が大きくなり、高ひずみ領域ではE ケースの軟化勾配と同程度となった。

図-3 に E-3 と D-2 の応力-局所ひずみ関係を示す。各領域の判定は、曲線の履歴で区分した²⁾。D-2 の関係では、E-3 より遷移域と判定された測点が増加し、D-1 および D-3 において遷移域が増加した。これは、湿度低減による最大応力の増加により、破壊域のひび割れが隣接域に進展しやすくなったことが考えられる。

(2) 圧縮破壊エネルギー

図-4 に圧縮破壊エネルギー G_f と膨張ひずみの関係を示す。 G_f は、最大荷重以降、最大荷重の25%まで低下した時点の応力-平均ひずみ曲線の面積であり、供試体全体で消費された単位体積あたりのエネルギーを意味する。E ケースの G_f の平均値は0.049 N/mm²であったことに対して、D ケースの G_f の平均値は0.070 N/mm²と大きくなった。これは除湿が最大応力時のひずみに与える影響より、最大応力に与える影響が大きいことによるものと考えられる。

(3) 破壊域長さ

図-5 に応力-局所ひずみ関係の履歴から求めた破壊域長さを示す。図には、健全なコンクリートを対象とした伊藤らの近似式²⁾をあわせて示す。E ケースの破壊域長さは近似式を下回ったが、D ケースの破壊域長さは近似式上に分布し、湿度低減による減少の傾向が見られた。

4. まとめ

- (1) 除湿して収縮した ASR コンクリートの最大応力は増加し約 1.4 倍となったが、最大応力時のひずみに大きな変化はなかった。
- (2) 除湿して収縮した ASR コンクリートの軟化曲線は、最大応力直後で軟化勾配が大きくなり、高ひずみ領域で緩やかになった。
- (3) ASR コンクリートの破壊域長さは、湿度低減による減少の傾向が見られた。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 20K04645 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表します。

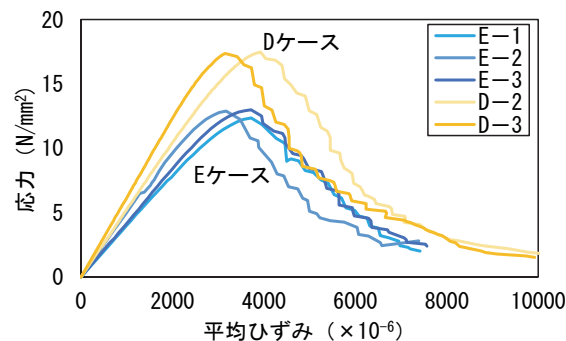


図-2 応力-平均ひずみ関係

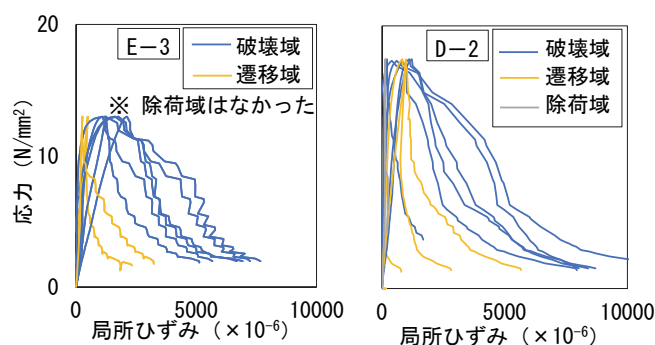


図-3 応力-局所ひずみ関係

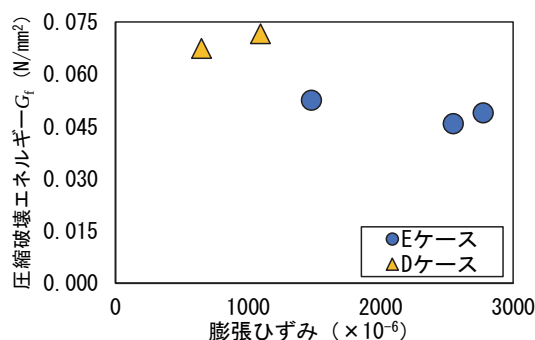


図-4 圧縮破壊エネルギー G_f と膨張ひずみの関係

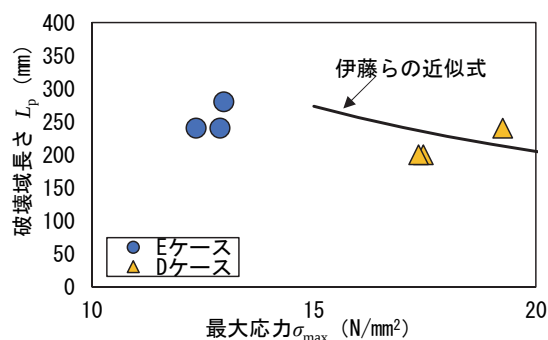


図-5 破壊域長さ

参考文献

- 1) 遠藤, 伊藤ら: ASR 劣化を生じたコンクリートの湿度低減による収縮に関する基礎的研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol. 20, 2020
- 2) 松井, 伊藤ら: アルカリシリカ反応で劣化したコンクリートの圧縮破壊性状に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol. 69A, 2023